

A 174

# Project 1: Voortgangsverslag. Karakterisering grondstof aardappel en voorspelling eigenschappen bij verwerking

P.C.M. van Eijck  
J. Oosterhaven  
E.S.A. Biekman  
A. Braaksma  
E.C. Wilkinson

**VERTROUWELIJK**

**ato-dlo**





**ATO-DLO**

VAVI onderzoekprogramma

**Project 1: Karakterisering grondstof aardappel en voorspel-  
ling eigenschappen bij verwerking**

Voortgangsverslag januari 1997

**VERTROUWELIJK**

**Agrotechnologisch  
Onderzoek Instituut  
(ATO-DLO)**  
Bornsesteeg 59  
Postbus 17  
6700 AA Wageningen  
tel. 0317 - 475000  
fax. 0317 - 475347

P.C.M. van Eijck  
J. Oosterhaven  
E.S.A. Biekman  
A. Braaksma  
E.C. Wilkinson

Eigendom van VAVI en ATO-DLO. Niets uit dit verslag mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van VAVI of ATO-DLO.

2251270

## Inhoudsopgave

1.	Doel .....	3
2.	Stand van zaken .....	4
3.	Speciale aandachtsvelden per verwerkingstijdstip .....	5
4.	Grauwverkleuring en pyrofosfaat .....	6
4.1.	Inleiding .....	6
4.2.1.	Voorspelling van de grauwverkleuring op basis van grondstofvariabelen .....	7
4.2.2.	Optimalisatie labschaal-methode .....	9
4.3.	Pyrofosfaat-effectiviteit .....	10
4.4.	Conclusie .....	11
5.	Kleur .....	12
5.1	Inleiding .....	12
5.2.	Uitvoering .....	12
5.3.	Resultaten .....	13
6.	Textuur .....	18
6.1.	Inleiding .....	18
6.2.	Consistentie van de textuurbeoordeling .....	18
6.3.	Voorspelling van textuur .....	18
6.4.	Meetmethoden gerelateerd aan textuur .....	20
6.5.	Conclusie .....	20
7.	Heterogeniteit en variatiebronnen .....	21
7.1.	Inleiding .....	21
7.2.	Proefopzet en analyse aanpak vijfde verwerkingsronde .....	21
7.3.	Belangrijkste resultaten .....	22
7.4.	Conclusies .....	23

## **1. Doel**

Doel van dit project is het vaststellen van de waarde van bestaande meetmethoden en het ontwikkelen van nieuwe, objectieve handzame meetmethoden voor het karakteriseren van aardappelen ten behoeve van de verwerking.

## 2. Stand van zaken

Tot nu toe (januari 1997) werden in het kader van dit project op 5 verschillende verwerkingstijdstippen in totaal 100 partijen aardappelen verwerkt tot diepvriesfrites. De partijen varieerden wat betreft ras, oogstjaar, bewaartijd en herkomst (tabel 1). De partijen aardappelen werden gekarakteriseerd op een groot aantal eigenschappen. Daarnaast werden ze verwerkt op de ATO-DLO pilotlijn, in het algemeen volgens een drietal recepturen. Zo werden tot dusver in totaal 260 partijen frites geproduceerd, die zo goed mogelijk werden gekarakteriseerd, met onder andere beoordelingen door produkt experts en analytisch sensorisch panel. Ook tijdens het proces werden een aantal metingen uitgevoerd. Alle resultaten zijn ondergebracht in een groot bestand.

In dit verslag zijn de resultaten weergegeven van de experimenten met betrekking tot grauwwerking van aardappelen verwerkt in de eerste vijf verwerkingsronden, met totaal 90 partijen aardappelen. De grondstofvariabelen, genoemd in dit verslag, zijn gemeten met meetmethoden beschreven in het rapport 'Meetmethoden voor het karakteriseren van de grondstof Aardappel'.

- 1) grauwwerking en pyrofosfaat
- 2) kleur
- 3) textuur
- 4) heterogeniteit en variatiebronnen

**Tabel 1:** Variatie in de geselecteerde aardappelpartijen

rassen	aantal per verwerkingstijdstip en totaal per ras	oogstjaren	bewaartijd
Agria	4+4+2+3+6 <sup>1,2</sup> +3=22	1993: 20	kort: 60 <sup>3</sup>
Arcade	0+0+0+1+0+0= 1	1994: 20+10	lang: 40
Asterix	2+2+1+3+2 <sup>1</sup> +1= 11	1995: 20+20 <sup>3</sup>	
Aziza	1+1+0+2+0+0= 4	1996: 10	
Bildtstar	0+0+0+0+1+0= 1		
Bintje	5+5+2+3+6 <sup>1,2</sup> + 4 =25		
Disco	1+1+1+0+0+0= 3		
Felsina	0+0+1+1+0+0= 2		
Irene	1+1+0+0+0+0= 2		
Nicola	1+1+1+1+1+0= 5		
Santana	0+0+0+2+0+0= 2		
Saturna	2+2+1+2+2+1= 10		
Turbo	3+3+1+2+2 <sup>1,2</sup> +1= 12		

<sup>1</sup> waarvan twee partijen identiek (duplo's);  
<sup>2</sup> inclusief drie als aparte partij verwerkte maatsorteringen;  
<sup>3</sup> inclusief 5 duplo's en 2x3 maatsorteringen;

### **3. Speciale aandachtsvelden per verwerkingstijdstip**

Gedurende de eerste drie verwerkingstijdstippen werd speciale aandacht besteed aan het aspect waterverdamping. Daartoe werd een brede range aan frituurtijden uitgetest (30, 60 en 120 seconden).

Tijdens het vierde verwerkingstijdstip werd speciale aandacht gegeven aan de intensiteit van het blancheerproces, met als doel een vermindering van de grauwverkleuring. Het aantal frituurtijden werd daarbij gereduceerd tot 2 (45 en 60 s).

Tijdens de vijfde verwerking werd speciale aandacht besteed aan variatie. De mate van heterogeniteit wordt nu beschouwd als één van de belangrijkste limiterende factoren voor het maken van nauwkeurige voorspellingsmodellen.

Het zesde verwerkingstijdstip, dat volgens de oorspronkelijk planning het laatste verwerkingstijdstip zou zijn, is gesplitst in een zesde en zevende verwerkingstijdstip, met ieder 10 partijen. De data die bij deze verwerkingstijdstippen verkregen worden, fungeren als validatie voor de ontwikkelde methoden en modellen. Door deze splitsing wordt de validatie zowel met lang als met kort bewaarde partijen aardappelen uitgevoerd.

## 4. Grauwverkleuring en pyrofosfaat

### 4.1. Inleiding

Uit de gegevens t/m de vierde verwerkingsronde zijn een aantal grondstofvariabelen geïdentificeerd welke een zekere invloed op de grauwwerking en pyrofosfaat-effectiviteit hebben. De geïdentificeerde grondstofvariabelen kunnen herleid worden tot bijdrage van enzymatische en niet enzymatische reacties aan de grauwwerking.

Van de individuele variabelen bleek de grauwwaarde gemeten op kleine schaal (120[1]), de grauwwaarde van de frites verwerkt op de pilotlijn (607[1]) het best te voorspellen. De beste voorspelling met twee variabelen werd gekregen door combinatie van 120[1] en het gehalte aan totaalphenolen in de aardappelen.

Uit pragmatische overwegingen is voorgesteld methode 120[1] verder te optimaliseren met betrekking tot voorspellende kracht en eenvoud, eventueel in combinatie met een additionele grondstofparameter.

De beperkte voorspelling van de grauwwaarde van de frites verwerkt op de pilotlijn (607[3]) door middel van de grauwwaarde van frites verwerkt op de labschaalmethode 120[1] werd voorondersteld een gevolg te zijn van verschillen in de verwerkingsprocedure. Aanwijzingen daartoe werden onder andere gevonden in het effect van de blancheerintensiteit op de grauwwerking.

Op basis van bovenstaande resultaten is de afgelopen periode:

- de voorspelbaarheid van de grauwwaarde en pyrofosfaat-effectiviteit op basis van grondstofvariabelen gecontinueerd (onderdeel 4.2.1);
- een inventarisatie gemaakt van de verschillen tussen pilotverwerking en labschaalverwerking en het effect van deze verschillen op de grauwwaarde vastgesteld (onderdeel 4.2.2).

De geringe voorspellende kracht van (combinaties) van grondstofvariabelen werd voorondersteld mede een gevolg te zijn van i) de 'ruis' geïntroduceerd door de grootschalige verwerking en ii) het per definitie niet-lineaire gedrag van de grauwwaarde. Daarom werd additioneel

- zowel grondstofvariabelen als grauwwaarde van dezelfde individuele aardappelen gemeten (resultaten nog niet beschikbaar) en
- bij de statistische analyse specifieke niet-lineaire functies gebruikt (onderdeel 4.2.1).

Met betrekking tot de effectiviteit van pyrofosfaat is de het aantal herhalingen verdubbeld teneinde betere kwantificering van de effectiviteit mogelijk te maken.

4.2.1. Voorspelling van de grauwwerking op basis van grondstofvariabelen

Grondstofvariabelen geïdentificeerd in de vorige rondes werden voor de 90 partijen statistisch geëvalueerd op hun bijdrage aan de grauwwerking. Variabelen die een significante invloed bleken te hebben, zijn in tabel 2 weergegeven.

Tabel 2: Relevante grondstofvariabelen na analyse van 90 partijen aardappelen

Variabele	Alle data	
	+Saturna	-Saturna
Grauwwaarde (s)120[1]	x	x
Appelzuur (p) 112[3]	x	x
[Totaal fenolen] (p) 117[3]	x	x
POD (p) 300[1]		x
PPO-activiteit (p) 301[1]	x	

In de kolom ‘+Saturna’ zijn bij de analyse alle partijen, dus ook de Saturna’s betrokken. In de kolom ‘-Saturna’ zijn de Saturna’s uit de analyse weggelaten. Betrekken van de Saturna’s in de analyse heeft tot resultaat dat PPO als verklarende variabele een belangrijke rol heeft en peroxydase niet. Dit is te verklaren met het feit dat bij Saturna’s de PPO-activiteit een bijzonder hoge bijdrage levert aan de grauwwerking.

Teneinde het verband tussen de grauwwaarde en de grondstofvariabelen te kwantificeren is met behulp van niet-lineaire regressie een model opgesteld. De betreffende parameters werden lineair gecombineerd en bovendien werd er vanuitgegaan dat de grauwwaarde (607[1]) bij toename van de waarde van de lineaire combinatie een logistisch verloop heeft. In formule:

$$607[1]=6\cdot\frac{\exp(\sum a_i\cdot x_i)}{1+\exp(\sum a_i\cdot x_i)}$$

(1)

waarin  $\sum a_i x_i$  de lineaire combinatie is van de waarde van de grondstofvariabelen. Het resultaat van deze kwantificering is gegeven in figuur 1.

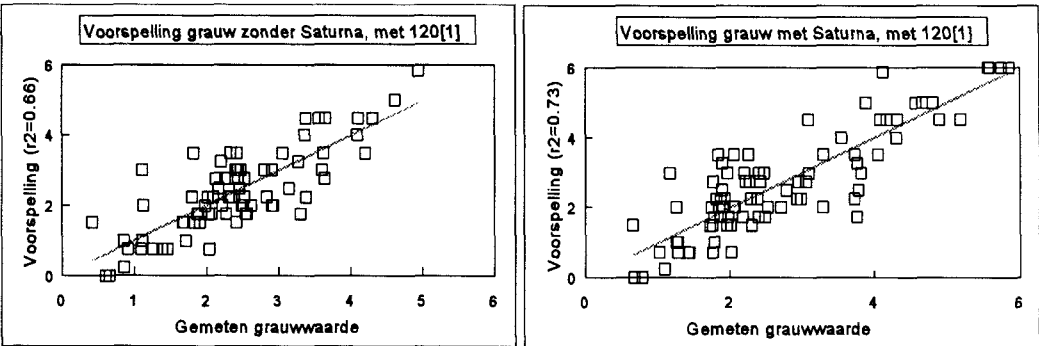


Fig. 1: Voorspelling van grauwwerking m.b.v. 120[1], totaal-fenolen, appelzuur, peroxidase en polyfenoloxidase.



**Tabel 3:**            Samenvatting van de resultaten

	<b>Verklaard</b>	<b>Standaard Afwijking</b>
Alle data	0.73	0.75
<b>Alle data, zonder Saturna</b>	<b>0.66</b>	<b>0.68</b>
Alle data, zonder 120[1]	0.51	0.81
Alle dat, zonder Saturna en 120[1]	0.68	0.82

De correlatiecoëfficiënt  $r^2$  is 0.66 en 0.73 voor respectievelijk het model zonder Saturna en het model met Saturna. De standaardafwijking voor schatten van de grauwwaarde is echter groter voor het model met Saturna. M.a.w. het model zonder Saturna geeft dus een nauwkeuriger voorspelling van de grauwwaarde.

*Conclusie*

Bepaling van grauwwaarde op kleine schaal lijkt essentieel voor het verkrijgen van een goed voorspellend model met een minimum aan parameters. Door verdere optimalisatie van deze methode wordt verwacht dat de voorspelling zal toenemen. Samen met additionele parameters geeft methode 120[1] vooralsnog een aanzienlijk betere voorspelling. De additioneel te meten parameters totaal fenolen, appelzuur peroxydase en polyfenoloxydase zullen in dat geval met snelle tests bepaald moeten worden.

4.2.2 *Optimalisatie labschaal-methode*

Teneinde de voorspelling van de grauwwerking van de frites gemaakt op de pilotlijn met de labschaalmethode te verbeteren werd ten eerste een inventarisatie gemaakt van verschillen in de procesvoering. De belangrijkste verschillen zijn in tabel 4 weergegeven.

**Tabel 4:**           Vergelijking tussen verwerking op de pilotlijn en verwerking op labschaal voor bepaling van de grauwwerking

Stap	Pilotlijn	Labschaal	Vershil
Schillen	Stoomschillen	Messenschillen	Stoom geschilde aardappelen hebben een hogere temperatuur dan messen geschilde aardappelen; dit geeft membraandestructie en exponentiële toename van biochemische reacties
tot blancheren	- T=15-30°C? - Tijd=30 min. - niet altijd onder water	-T=15°C -Tijd= 5-15 min. - altijd onder water	Bij pilotlijn meer tijd voor reactie en hogere reactiesnelheid
blancheren	-stap 1: 4 min/80°C -stap 2: 7 min/65°C	- stap 1: 5 min/80°C	Betere inactivatie van enzymen op labschaal
voordrogen	wel	niet	Concentratie en toename reactie(snelheden) bij pilotlijn
frituren	1 min/180°C	4 min/ 140°C	verschillen in concentratie
koelen	10 min/18°C	15 min/4°C	verschillen in reactiesnelheden
invriezen	8 min/35°C	niet	?

De meeste verschillen duiden erop dat de grauwwerking van aardappelen verwerkt op de pilotlijn hoger moet zijn dan de grauwwerking van aardappelen verwerkt op labschaal. Een groot effect werd vooral verwacht van het verschil in stoomschillen, blancheren en frituren. Een aantal experimenten zijn uitgevoerd waarbij met name het effect van de schilmethode en de frituromstandigheden zijn geïnventariseerd. De aardappelen werden verwerkt volgens de labschaalmethoden, behalve met betrekking tot de te onderzoeken onderdelen. De resultaten zijn in tabel 5 weergegeven.

**Tabel 5:**            Vergelijking van grauwwaarde van frites verwerkt volgens verschillende procédé's

Variant	Gefrituurd 4 min/140°C		Gefrituurd 1 min/180°C
	Proef 1	Proef 2	Proef 3
	Grauwwaarde		
messen geschild	2	3.5	2
stoom geschild	3	3.5	3.5
stoom+wachttijd (van 20 min.)	4	3.5	3.5
mes + 2*blancheren (4 min. 80°C/7 min 65°C)		3.5	
mes + 1 min/180°C	1	2	

In twee van de drie gevallen (proef 1 en 3) geeft messenschillen minder grauwwerking dan stoomschillen. In proef 2 is er geen effect. Frituren gedurende 1 minuut bij 180°C geeft minder grauwwerking in vergelijking met frituren gedurende 4 minuten bij 140°C. Mogelijke verklaring voor deze effecten is in tabel 4 vermeld.

Uit deze voorlopige resultaten kan geconcludeerd worden dat stoomschillen en frituren gedurende 4 minuten bij 140°C meer grauwwerking veroorzaakt dan respectievelijk messenschillen en frituren gedurende 1 minuut bij 180°C.

Bij verdere ontwikkeling van de labschaalmethode om de grauwwerking op pilotschaal te voorspellen zal rekening met deze effecten gehouden moeten worden.

**4.3.    Pyrofosfaat-effectiviteit**

Bij de bepaling van de effectiviteit, waarmee pyrofosfaat de grauwwerking van een partij aardappelen kan verlagen, wordt ernaar gestreefd een éénduidig verband te vinden tussen de toegepaste pyrofosfaatconcentratie in het dipbad en grauwwaarde van de frites. Vanwege het feit dat in de eerste vier rondes de éénduidigheid een probleem was, is aandacht besteed aan de oorzaak daarvan. Na analyse van het systeem is besloten het aantal herhalingen per pyrofosfaatconcentratie te verhogen. In figuur 2 is het resultaat weergegeven.

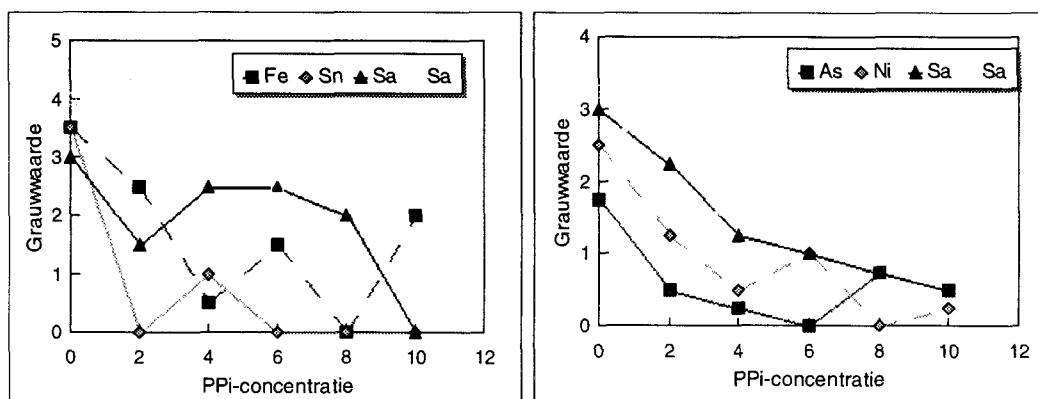


Fig. 2: Karakteristiek verloop van de grauwwaarde als functie van de pyrofosfaatconcentratie voor de vierde (links) en de vijfde (rechts) verwerkingsronde. In de vijfde ronde werd het aantal herhalingen per pyrofosfaatconcentratie verhoogd.

Het 'beeld' van het verband voor de vierde periode (links) is zeer fluctuerend; er zijn grote schommelingen. In tegenstelling wordt voor de vijfde (rechts) periode een veel éénduidiger verloop van de grauwwerking met de pyrofosfaatconcentratie geconstateerd. Daaruit blijkt dat de éénduidigheid van het verband aanzienlijk is verbeterd door opvoeren van het aantal herhalingen.

De bepaling van de effectiviteit is gebaseerd op methode 120[1]; verwacht wordt dat bij verbetering van deze methode ook verbetering van de effectiviteitswaarneming zal plaatsvinden.

#### 4.4. Conclusie

- Voorspelling van de grauwwerking zal gebaseerd moeten zijn op een visuele of instrumentele waarneming van de grauwwaarde na verwerking volgens een standaardproces. In combinatie met enkele primaire grondstofvariabelen (ppo- en/of pod-activiteit en/of appelzuur en/of totaal fenolenconcentratie kan de voorspelling beter worden.
- De methode op basis waarvan de effectiviteit van pyrofosfaat voor een partij kan worden vastgesteld, is verbeterd door het aantal herhalingen te verhogen.

## **5. Kleur**

### **5.1 Inleiding**

De kwaliteit van de verwerkte aardappel is afhankelijk van zowel de grondstofkarakteristieken en de verwerkingscondities. De relatie kleur van frites en suikergehalte in combinatie met blancheren en (voor-)bakken waarbij zowel de temperatuur als de tijdsduur, is van belang. De kleur zou ontstaan door de Maillard-reactie tussen suikers en aminozuren. Opvallend is echter dat deze relatie statistisch weliswaar aantoonbaar is, maar de correlatie blijft achter bij het gewenste niveau, zodat geen betrouwbare, voorspellende modellen kunnen worden opgesteld. Er is daarom wel gesuggereerd dat andere componenten in de aardappel de uiteindelijke kleur mede beïnvloeden.

De data vanuit het VAVI-onderzoek geven hieromtrent geen uitsluitsel. Het doel van dit deelproject is daarom vast te stellen in hoeverre suikers verantwoordelijk zijn voor de uiteindelijke kleur of dat andere componenten ook een rol spelen.

### **5.2. Uitvoering**

Van een aantal verschillende partijen en rassen zijn aardappels genomen, gewassen en schijven overlangs uitgesneden van 3 mm dik, ongeveer uit het centrum van de aardappel. Twee, oorspronkelijk naast elkaar liggende, schijven werden zo uitgezocht. De ene plak werd gefrituurd en de kleur geanalyseerd met CBA, waarna het kleurpatroon binnen het plakje op basis van friteskleurindeling zichtbaar werd. Homogene gedeeltes, qua kleur, werden op exact dezelfde plaats in de rauwe plak uitgesneden, snel ingevroren in vloeibare stikstof en opgeslagen in de diepvries

(-25°C). Het resultaat is dat zes porties rauw aardappelweefsel werden verzameld, van kleur 1, 2, 3, 4, 5 en 6. Het weefsel werd gevriesdroogd en op het poeder zijn de analyses uitgevoerd. De gebruikte aardappels waren 495SN02, 495AG03, 495NI01, 495TU01 en 495AZ02.

### 5.3. Resultaten

In de figuren 3 en 4 staat de relatie glucose of fructose versus friteskleur. De correlaties zijn zeer hoog ( $R^2 > 0.99$ ), gefit aan een exponentiële functie. Worden de extremen, kleur 1 en kleur 6, eruit gelaten dan is de relatie lineair met dezelfde hoge correlaties.

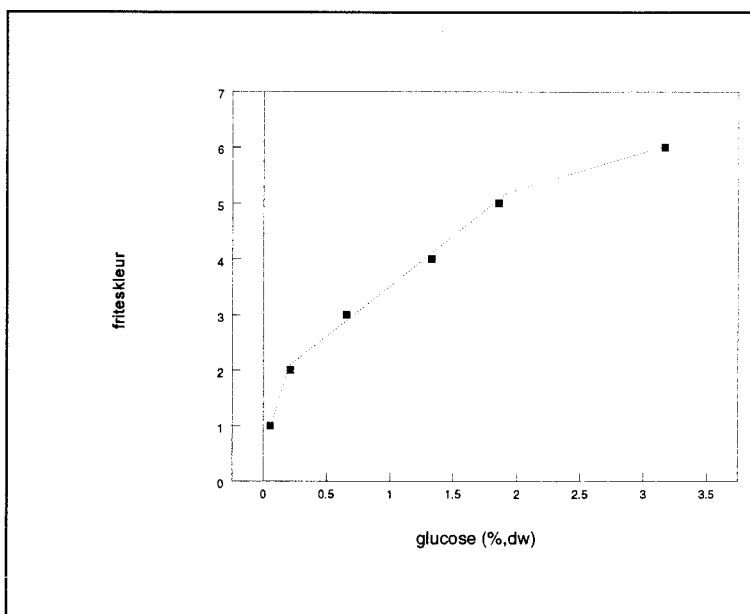


Fig. 3: Relatie glucosegehalte en friteskleur

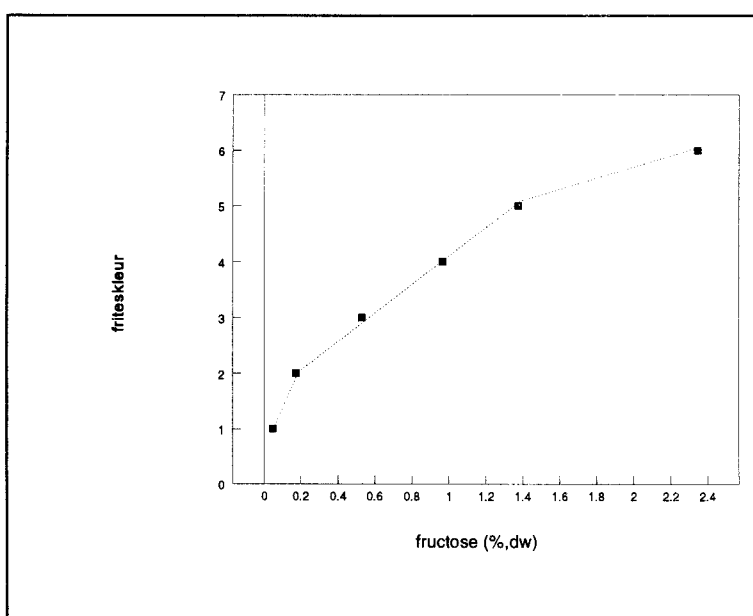
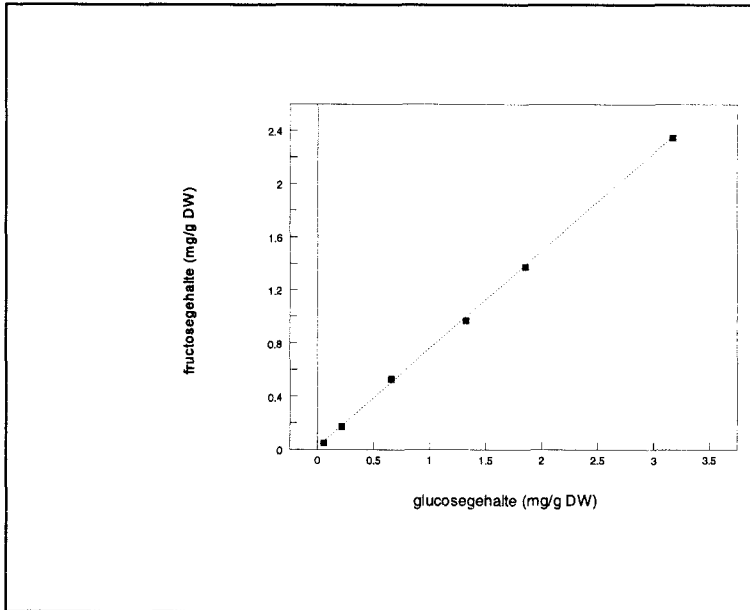


Fig. 4: Relatie fructosegehalte versus friteskleur

De relaties van glucose- of fructosegehalte met friteskleur op basis van versgewicht is eender als op basis van drooggewicht.

In figuur 5 staat de relatie glucose versus fructose; zoals verwacht zijn deze twee suikers sterk gekoppeld.



*Fig. 5: Relatie glucose- versus fructosegehalte*

De gevonden correlaties zijn zo hoog, dat er geen twijfel meer over kan bestaan dat de Maillard-reactie de enige kleurreactie in de aardappel is.

Vrije aminozuren zijn de andere reactanten. Volgens de literatuur zijn deze in overmaat aanwezig. Figuur 6, aminozuren versus friteskleur, geeft dat ook aan; d.w.z. er is geen relatie aanwezig.

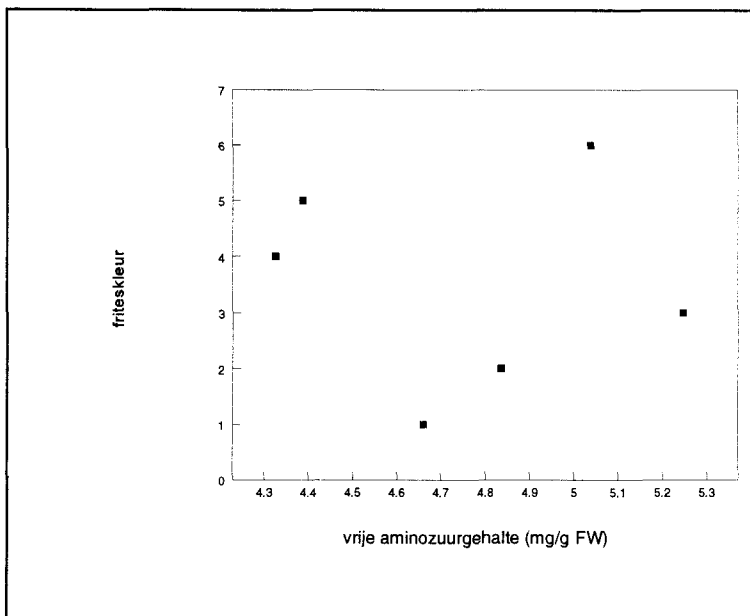


Fig. 6: Relatie gehalte vrije aminozuren versus friteskleur

Deze waarden zijn berekend op grond van een totale aminozuur bepaling met behulp van ninhydrine. Het moet nog worden gecontroleerd in hoeverre de ninhydrinereactie in aardappelextracten goed verloopt. Daartoe zijn analyses uitgevoerd op HPLC om zo naast alleen het totale gehalte, ook de aminozuursamenstelling te achterhalen. De resultaten zijn echter nog niet beschikbaar. Wel is duidelijk dat sommige aminozuren toe- of afnemen, terwijl anderen weer constant zijn. Dit zou kunnen betekenen dat verhoogde friteskleuren wel eens door een zeer beperkt aantal aminozuren kunnen worden veroorzaakt.

Daarnaast blijkt ook de relatie drooggewicht versus friteskleur redelijk te zijn (fig. 7).

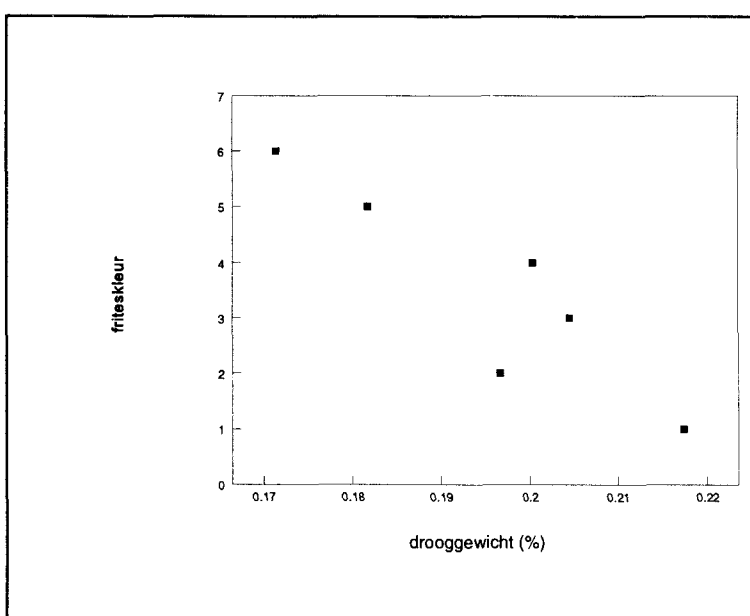


Fig. 7: Relatie drooggewicht versus friteskleur



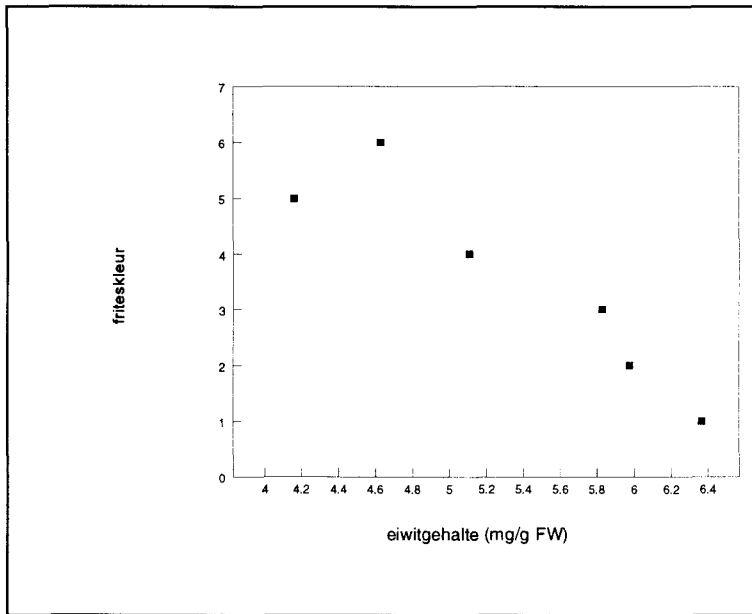


Fig. 8: Relatie oplosbaar eiwitgehalte versus friteskleur

Opvallend is dat nu de relatie oplosbaar eiwitgehalte en friteskleur naar voren komt. Deze relatie werd verwacht, maar is nooit hard gevonden bij de VAVI-analyses.

Gezien de voorgaande data, moet een zekere relatie van drooggewicht en glucosegehalte (of fructose) voor de hand liggen. Deze relatie staat in figuur 9.

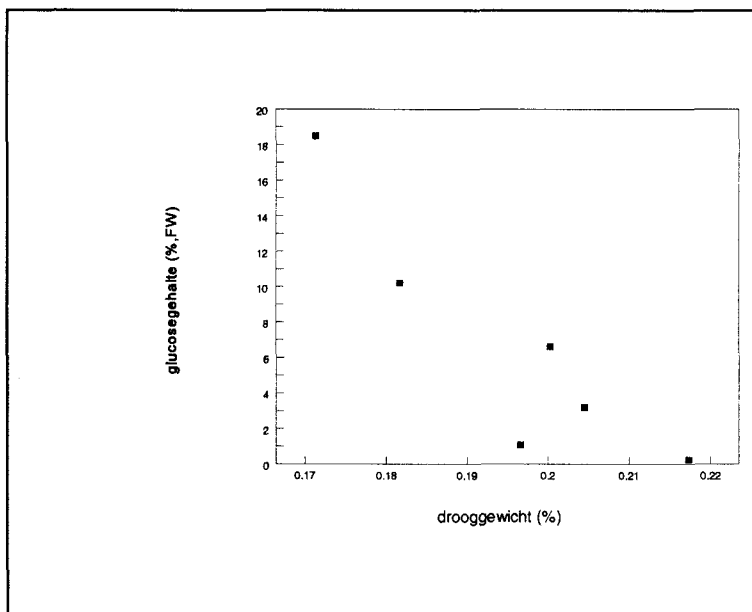


Fig. 9: Relatie drooggewicht (%) versus glucosegehalte (% FW)

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat de kleur bij frituren volledig aan de Maillard-reactie moet worden toegeschreven. Hierbij komen tevens een aantal relaties naar voren die deels in de praktijk worden gebruikt (minimaal drogestofgehalte voor goede frites), maar ook andere relaties die niet bij het VAVI-onderzoek naar voren kwamen (oplosbaar eiwitgehalte versus friteskleur). Dat deze relaties in deze mate niet gevonden zijn bij het VAVI-onderzoek is toe te schrijven aan de heterogeniteit tussen individuele aardappels en heterogeniteit binnen één aardappel.

Het systeem van aardappelschijfjes is een uitstekende manier om de heterogeniteit van de aardappel te kunnen aantonen.

## **6. Textuur**

### **6.1. Inleiding**

De textuur van frites wordt in dit onderzoekproject op een aantal verschillende manieren vastgesteld: met een analytisch sensorisch panel en door produktexperts. Beiden gebruiken hun eigen termen voor de verschillende aspecten voor textuur. Allereerst zal op de consistentie en de nauwkeurigheid van deze verschillende textuurbeoordelingen worden ingegaan (6.2). In 6.3. komt de mogelijkheid van voorspelling aan de orde op basis van geselecteerde aardappeleigenschappen. In 6.3. wordt ingegaan op specifieke meetmethoden aan de grondstof samenhangend met de voorspelling van de textuur.

### **6.2. Consistentie van de textuurbeoordeling**

Het eenduidig vaststellen van de textuur van frites blijkt geen eenvoudige zaak, iets dat ook al was gebleken uit de textuurbeoordelingen in de praktijk. Tijdens het vijfde verwerkingstijdstip is specifiek aandacht besteed aan de variatiebronnen die bij textuurbeoordeling optreden. In hoofdstuk 7 wordt hier nader op ingegaan.

Ook is duidelijk dat er grote verschillen in nauwkeurigheid bestaan tussen de verschillende aspecten van textuur. De produktexperts stellen redelijk eenduidig een waarde vast voor TXA (nat/droog) en TXB (hard/slap). Het bij het gebruikte aantal herhalingen en panelleden nauwkeuriger analytisch panel doet hetzelfde voor bijvoorbeeld stevigheid en krokantheid. Daarentegen geeft het aspect taatheid van het produkt nog een volledig fuzzy beeld. Zo blijkt er geen noemenswaardig verband tussen de resultaten van het panel en de resultaten van de produktexperts. Eerder kon al wel vastgesteld worden dat een toename van de voorbaktijd een toename van de taatheid tot gevolg heeft. Partij-effecten (bij standaardvoorbaktijd van 60 seconden) blijken echter niet of nauwelijks te voorspellen. In een aparte proefopzet zal hier nog nader aandacht aan worden besteed. Doel: identificatie of en in hoeverre bepaalde factoren hiervoor verantwoordelijk kunnen zijn. Specifiek zal daarbij ook de wachttijd (tijd tussen frituren en consumeren) worden gevarieerd.

### **6.3. Voorspelling van textuur**

Er werd een twintigtal eigenschappen geselecteerd als potentieel bruikbaar voor een voorspellingsmodel voor textuur.

Deze selectie kwam tot stand op basis van de resultaten t/m het vierde verwerkingstijdstip, de nauwkeurigheid, respectievelijk het discriminerend vermogen van de bepaling alsmede op theoretische gronden.

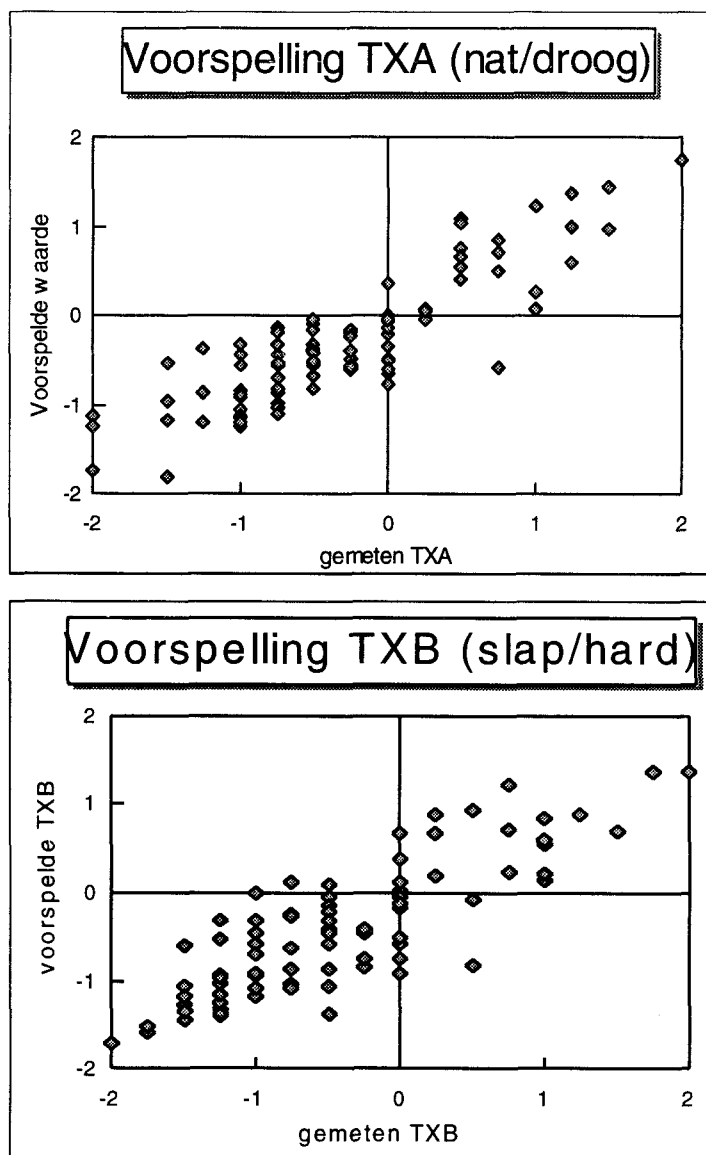
Voor aspecten TXA (nat droog) en TXB (slap/hard), vastgesteld door de produktexperts en krokantheid, beoordeeld door het analytisch sensorisch panel, werden specifieke modellen gemaakt, rekening houdend met het soort schaal: bijvoorbeeld -2 tot 2 voor TXA en TXB. Deze modellen zijn van de zelfde vorm als beschreven in paragraaf 4.2.1.

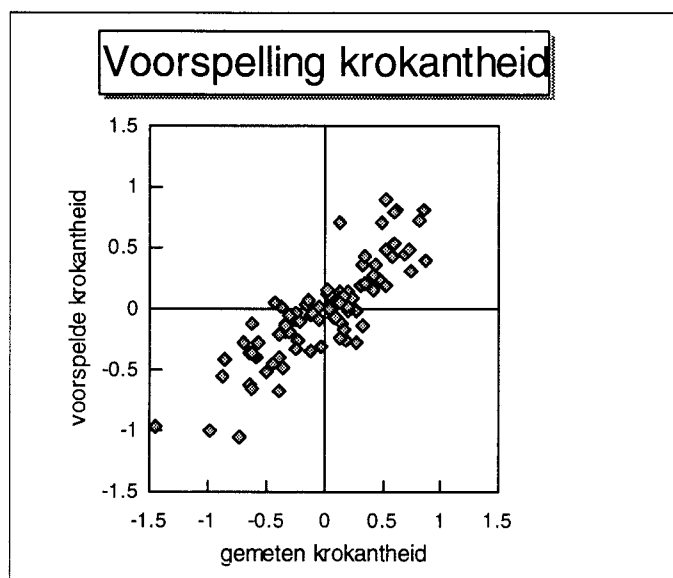
Allereerst werden parameters voor het model geselecteerd (tabel 6). Vervolgens werd het model geoptimaliseerd.

**Tabel 6:** Aardappeleigenschappen geselecteerd voor het voorspellende model

Produkteigenschap	Aardappeleigenschappen
TXA (nat droog) produktexperts	102[1] drogestofgehalte 109[3] pH (midpointpotentiaal) 112[3] appelzuur 201[1] celgrootte
TXB (hard/slap) produktexperts	102[1] drogestofgehalte 109[4] pH 112[3] appelzuur
krokantheid analytisch sensorisch panel	102[1] drogestofgehalte 110[4] Magnesium 303 protease

In de figuren 11 t/m 13 is de relatie tussen de gemeten en de voorspelde waarde weergegeven.





#### 6.4. Meetmethoden gerelateerd aan textuur

Om lokale verschillen vast te stellen in textuur, als gevolg van drogestofverschillen, wordt een methode ontwikkeld op basis van het gegeven dat de mate van suikeruitspoeling afhangt van het drogestofgehalte. Door het suikergehalte vóór en na uitspoeling (blancheren) na frituren te meten als een kleur met behulp van de eerder ontwikkelde instrumentele methode voor de kleurindex wordt getracht deze lokale verschillen in kaart te brengen. Inmiddels is een routine gemaakt om de verschillende plakken softwarematig “op elkaar te leggen” en de lokatie-afhankelijke verschillen vast te stellen. Volgende stap is dit voor alle metingen uit te voeren en te vergelijken met een methode om op basis van suikeruitspoeling informatie te krijgen over drogestofverdeling

#### 6.5. Conclusie

Het meten en voorspellen van textuur is en blijft een moeizame aangelegenheid. Voor een aantal aspecten is een voorspellend model beschikbaar: TXA (nat,droog), TXB (slap/hard), krokante korst. Deze hebben een voldoende voorspellend vermogen, zeker gezien de nauwkeurigheid en de hoeveelheid arbeid die nodig is voor het rechtstreeks meten door produktexperts of analytisch sensorisch panel. Andere eigenschappen (taaiheid) zijn echter nog niet of nauwelijks te voorspellen.

Er is een methode in de maak om heterogeniteit van drogestofgehalte - als afgeleide van de mate van uitspoeling van reducerende suikers - vast te stellen.

## 7. Heterogeniteit en variatiebronnen

### 7.1. Inleiding

In project 1 wil men voorspellingsmodellen ontwikkelen waarbij men vanuit metingen aan grondstofeigenschappen de produktkwaliteit kan voorspellen. Een belangrijke beperkende factor, zowel bij het ontwikkelen als bij het gebruiken van deze modellen, is de nauwkeurigheid waarmee men de grondstofeigenschap c.q. produkteigenschap kan bepalen. Wanneer men voorspellingen op partij-niveau wil doen, dan zijn er meerdere bronnen van variatie relevant:

- verschillen tussen knollen/frietstaafjes
- verschillen binnen knollen/frietstaafjes
- verwerkingseffecten
- meetfouten
- bij sensorische waarnemingen, verschillen tussen panelleden/produktexperts

In de vijfde verwerkingsronde is speciaal aandacht gegeven aan de bronnen van variatie. Voor elke eigenschap is de relatieve bijdrage van de verschillende bronnen van variatie in kaart gebracht. Hiermee zijn we in staat om advies te geven over de optimale monstergrootte en meetmethode.

### 7.2. Proefopzet en analyse aanpak vijfde verwerkingsronde

#### *Proefopzet*

De proefopzet voor de vijfde ronde is speciaal ontworpen om informatie over variatie achter te halen. Er werden in totaal negen verschillende partijen gebruikt. Vijf van de negen partijen werden bij aankomst in twee batches opgesplitst, die verder werden behandeld alsof ze twee aparte partijen waren. De onderzoekers wisten niet welke batches bij elkaar hoorden. Het verschil in gemeten waarde tussen twee batches van dezelfde partij vormt dus een objectieve maat voor de nauwkeurigheid van de meetmethode.

Ook werden één partij Agria en één partij Bintje in drie maatsorteringen (klein, midden, groot) opgesplitst, die verder werden behandeld alsof ze aparte partijen waren. Uit eerder onderzoek is namelijk gebleken dat de heterogeniteit van vele eigenschappen binnen één maatsorting veel kleiner was dan als alle maatsorteringen samen zijn. Waarschijnlijk waren de betrokken eigenschappen aan rijpheid gecorreleerd en vertegenwoordigen de verschillende maatsorteringen verschillende rijpheidsstadia. De opsplitsing van de partijen Agria en Bintje zijn dan bedoeld om deze hypothese te toetsen,

Kort samengevat, hoewel bij de vijfde ronde maar negen partijen binnen kwamen, werden ze zodanig opgesplitst dat uiteindelijk 20 “partijen” werden geanalyseerd.

#### *Analysemethodes*

Voor de analyse wordt een *variantiecomponentenanalyse* gebruikt. Deze methode levert een schatting op van de zogenaamde *variantiecomponenten*, die een maat zijn voor de relatieve bijdrage van de verschillende variatiebronnen. Waar mogelijk werden de oorspronkelijke gegevens gebruikt, dat wil zeggen de duplo metingen, de beoordelingen van individuele panelleden/produktexperts, enz. Op deze manier kon worden achterhaald de relatieve bijdrage van de meetfout, monstergrootte, verwerking en andere factoren aan de totale variatie.

De uiteindelijke nauwkeurigheid van de bepaling van de partij-gemiddelde is afhankelijk

van de grootte van de variantiecomponenten maar ook van de monstergrootte en de manier van bepaling. Een grotere steekproef leidt immers tot een nauwkeuriger bepaling, maar het maakt ook uit of je aan één monster meerdere keer meet of aan meerdere monsters slechts één keer meet. Met de geschatte variantiecomponenten kunnen we dan berekenen wat de nauwkeurigheid is van een meetmethode zoals die in het VAVI-onderzoek is uitgevoerd. Maar we kunnen ook “what if” analyses doen, waarin we het effect zien van meer/minder metingen, meer/minder monstertrekkingen, meer/minder panelleden, enz.

Men kan dus voor verschillende meetmethode-scenario's de nauwkeurigheid uitrekenen in de vorm van de variantie van de geschatte partij-gemiddelde. Om te kunnen zien of dit cijfer voldoende klein is, moet men de variantie aan andere maten voor dezelfde eigenschap relateren. Wij gebruiken hier twee indicators:

### *1. Percentage fout*

Deze maat geeft de standaardfout (wortel van de variantie) van de schatting als percentage van het gemiddelde (het algemene gemiddelde voor de vijfde ronde wordt gebruikt). Hoe kleiner dit getal, hoe nauwkeuriger de schatting. Deze maat is niet relevant voor de sensorische bepalingen, waar de schaal en dus de gemiddelde waarde volstrekt willekeurig is.

### *2. Discriminerend vermogen*

Deze maat geeft de variantie van de schatting als percentage van de partij-variantie-component. Immers, het percentage fout kan wel klein zijn, maar als de verschillen tussen de partijen ook klein zijn, dan is het voor de doeleinden van project 1 toch niet zo'n aantrekkelijke eigenschap. Een lage waarde voor deze maat betekent dat de meetmethode in staat is goed tussen de partijen te kunnen discrimineren.

Voor de analyse van het effect van maatsortering op de variatie wordt het verschil tussen de op maat gesorteerde batches vergeleken met het verschil tussen de niet op maat gesorteerde batches van dezelfde partij. Ook werd de binnen-batch variatie vergeleken van de op maat gesorteerde en niet op maat gesorteerde batches. Een relatief groot verschil tussen batches en een relatief klein binnen-batch variatie voor de op maat gesorteerde batches zou een bevestiging zijn van de boven genoemde hypothese.

## **7.3. Belangrijkste resultaten**

De resultaten voor een aantal eigenschappen zijn te zien in tabel 7. Hier staan de geschatte variantiecomponenten en ook de nauwkeurigheid van de bepaling onder de huidige meetmethode, zoals die in project 1 is uitgevoerd.

De analyseresultaten laten duidelijk zien welke eigenschappen wel of niet goed te meten zijn. Idealiter wil men zowel een lage percentage fout als een goede discriminerend vermogen. Het onderwatergewicht van ongeschilde aardappels is hier een voorbeeld van. Bovendien, in het VAVI-onderzoek is gewerkt met twee monsters, maar zelfs met één monster per partij (zie tabel 8) kan deze eigenschap de verschillende partijen effectief onderscheiden. Aan de andere kant heeft ijzer (code 110[5]) zowel een hoge percentage fout als een slechte discriminerend vermogen (zie tabel 8). Op basis van deze resultaten is dan ook een nieuwe methode geprobeerd voor het bepalen van het ijzergehalte, maar ook deze methode gaf slechte resultaten. Waarschijnlijk zijn de ijzerconcentraties in aardappels zo laag dat het onmogelijk is om ze nauwkeurig te meten.

Dat een lage percentage fout niet noodzakelijk een goede discriminerend vermogen hoeft te betekenen, is duidelijk te zien aan de resultaten voor citroenzuur en appelzuur. Citroenzuur heeft een wat lagere percentage fout maar een veel hogere waarde voor het discriminerend vermogen, wat het een minder aantrekkelijke eigenschap maakt dan

appelzuur voor gebruik in voorspellingsmodellen.

Van de sensorische eigenschappen staat in tabel 7 een voorbeeld van een beoordeling door produktexperts (TXB, oftewel *slap/hard*) en een voorbeeld van een beoordeling door het sensorisch analytisch panel (*krokante korst*). Het is hier vooral interessant om te kijken naar de relatieve bijdrage van de verschillende variantiecomponenten. In allebei gevallen is het component *batch* gelijk aan 0. Dat wil zeggen, alle verschillen tussen twee batches van dezelfde partij zijn volledig te verklaren uit verschillen tussen herhalingen (twee keer een zakje friets nabakken) en verschillen tussen experts/panelleden. De relatieve bijdrage van die twee componenten is voor de expertbeoordeling wel anders dan bij sensorisch analytisch panel. Bij deze laatste zijn verschillen tussen panelleden de dominante variatiebron, bij de expertbeoordeling is het effect van twee keer nabakken groter dan de verschillen tussen de experts.

De nauwkeurigheid van de TXB-bepaling is niet al te best. Het ligt dan voor de hand om te kijken hoe de nauwkeurigheid het meest efficiënt kan worden verhoogd. Aan de andere kant, de krokantheid van de korst is wel voldoende nauwkeurig te bepalen. Aangezien de huidige bepaling door de analytisch sensorisch panel vrij uitgebreid is, zou men geïnteresseerd kunnen zijn in het effect op de nauwkeurigheid van bezuiniging.

De resultaten van enkele "what if" analyses voor de twee eigenschappen TXB en krokante korst zijn te vinden in tabel 8. Voor TXB geldt dat vooral het toevoegen van een extra herhaling een positief effect heeft op de nauwkeurigheid. Dit wordt bevestigd door het desastreuze effect van het terugbrengen van het aantal herhalingen naar 1 en het uitbreiden van het aantal experts naar 4. Voor de eigenschap krokante korst hebben de optie "weglaten van een herhaling" en de optie "halveren van het aantal panelleden" nagenoeg hetzelfde effect (een discriminerend vermogen van 9.9% respectievelijk 10.8%). De uiteindelijke keuze zal dan afhankelijk zijn van de verwachte besparing in inspanning en kosten.

Met betrekking tot de maatsorteringen werd geen duidelijk effect op de variatie gevonden voor de meeste eigenschappen, inclusief de meeste aan drogestof gerelateerde eigenschappen. Wel werd een effect gevonden op de bepaling van de frietkleurindex door de produktexperts - grote maatsorteringen werden consequent lichter gevonden. Het is dan interessant te melden dat de bepaling van de frietkleurindex door computerbeeldanalyse deze tendens niet toont.

#### 7.4. Conclusies

We hebben de relatieve bijdrage van verschillende variatiebronnen in kaart gebracht voor een groot aantal eigenschappen zowel van de aardappel als van de friet. Hiermee kunnen we de nauwkeurigheid van de huidige meetmethode bepalen, en advies geven over een optimale meetmethode-scenario. Deze resultaten zijn relevant niet alleen binnen het kader van project 1 maar ook daarbuiten.



**Tabel 7:** Variantiecomponenten en nauwkeurigheid meetmethode bij huidige aantal metingen

meting	Variantiecomponenten				Aantal metingen		percen- tage fout	discrimi- nerend vermogen
	partij	batch	herhaling	experts/ panelleden	herbalingen	experts/ panel- leden	%	%
OWG	2.4 E+3	4.8	15.3	*	2	*	0.9	0.5
IJzer	1.3E-7	6.5E-7	*	*	*	*	37	487
Citroenzuur	0.11	0.050	*	*	*	*	4.3	45
Appelzuur	4.4E-2	4.5E-3	*	*	*	*	6.7	10.3
TXB	0.42	0	0.25	0.11	2	2	*	36
Krokante korst	0.43	0	0.058	0.70	3	20	*	7.2

**Tabel 8:** “What if” analyse: effect verschillende meetmethodescenario’s op discriminerend vermogen

	Aantal metingen		Discriminerend vermogen
	herhaling	experts/panelleden	%
OWG ongeschild	1	*	0.8
TXB slap/hard	3	2	24
	2	4	33
	3	1	29
	1	4	66
krokante korst	3	10	9.9
	2	20	10.8
	2	10	14.9